

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-113302

(43)Date of publication of application : 14.04.1992

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 02-230625

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 03.09.1990

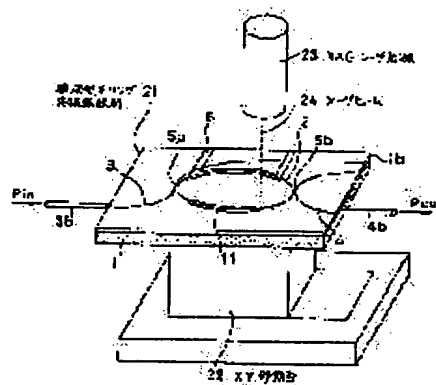
(72)Inventor : KAWACHI MASAO
OKUNO MASAYUKI
JINGUJI KANAME

(54) WAVEGUIDE TYPE OPTICAL CIRCUIT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To adjust the stress birefringence value of an optical waveguide by denaturing the surface of a substrate nearby a core part by laser light irradiation as to a circuit formed by arranging a clad layer and a single-mode optical waveguide, which is embedded therein and provides optical propagating operation, on the substrate.

CONSTITUTION: The silicon substrate 1 is irradiated with the laser beam 24 from a YAG laser light source 23 along the ring-shaped optical waveguide 2 and the denaturing of the irradiated part of the silicon substrate 1 progresses. For the purpose, while an XY moving table 22 is moved, the irradiation with the laser beam 24 is carried on to form a denatured area 11. At the same time, tunable DFB semiconductor laser light is guided in a sample 21 as diagnostic light from an input fiber 3b and the resonance wavelength characteristic of signal light which is guided out of an output fiber 4b is monitored; and the irradiation with the beam 24 is stopped when the resonance peaks of TE polarized light and TM polarized light are completely put over lapped, and then the polarization dependency of a ring resonator can completely be removed to enable easy polarization characteristic control.





(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 4 - 1 1 3 3 0 2

(43) 公開日 平成4年 (1992) 4月14日

(51) Int. Cl. ⁵

G 0 2 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平 2 - 2 3 0 6 2 5

(22) 出願日 平成2年 (1990) 9月3日

(71) 出願人 999999999

日本電信電話株式会社

東 京

(72) 発明者 河内 正夫

*

(72) 発明者 奥野 将之

*

(72) 発明者 神宮寺 要

*

(54) 【発明の名称】 導波型光回路およびその製造方法

(57) 【要約】

【産業上の利用分野】基板上に光導波路を配設した導波型光回路およびその製造方法に関する

【目的】光導波路のより簡便な複屈折制御が可能な導波型光回路およびその製造方法を提供し、導波型光回路に所望の偏波依存性を付与したり、逆に偏波依存性の無い導波型光回路を提供できるようにすることにある

【効果】導波型光回路の偏波特性を正確に制御することができる。又、レーザトリミングによって基板そのものの応力状態を変化させており、特別な応力付与膜等を必要としないので、簡便な偏波特性制御が可能である

【特許請求の範囲】

【請求項1】 1) 基板上に単一モード光導波路を配置してなる導波型光回路において、前記単一モード光導波路は、前記基板上のクラッド層と、該クラッド層に埋設されて光伝搬作用をもつコア部とを有し、前記基板の表面のうち、前記コア部の近傍の基板表面にレーザ光照射に

より変成された領域を設け、この変成領域の形状および分布により前記基板から前記コア部に作用する応力を非可逆的に変化させて前記単一モード光導波路の応力複屈折値を調節するように構成したことを特徴とする導波型光回路。

【請求項2】 2) 前記基板はシリコン基板であり、前記単一モード光導波路は、 SiO_2 を主成分とする石英系光導波路であることを特徴とする請求項1に記載の導波型光回路。

10 【請求項3】 3) 基板上に単一モード光導波路を配置してなる導波型光回路の製造方法において、前記基板上にクラッド層に埋設され、光伝搬作用をもつコア部を含む単一モード光導波路を形成する工程と、前記基板の所望部分をレーザ照射により変成し、前記基板が前記コア部に及ぼす応力を非可逆的に変化させて、前記単一モード光導波路の応力複屈折値を調節する工程とを具えたことを特徴とする導波型光回路の製造方法。

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-113302

⑪ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)4月14日

G 02 B 6/12

A
M7036-2K
7036-2K

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑭ 発明の名称 導波型光回路およびその製造方法

⑮ 特 願 平2-230625

⑯ 出 願 平2(1990)9月3日

⑰ 発 明 者 河 内 正 夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑱ 発 明 者 奥 野 将 之 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 神 宮 寺 要 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

導波型光回路およびその製造方法

2. 特許請求の範囲

1) 基板上に単一モード光導波路を配置してなる導波型光回路において、

前記単一モード光導波路は、前記基板上のクラッド層と、該クラッド層に埋設されて光伝搬作用をもつコア部とを有し、前記基板の表面のうち、前記コア部の近傍の基板表面にレーザ光照射により変成された領域を設け、この変成領域の形状および分布により前記基板から前記コア部に作用する応力を非可逆的に変化させて前記単一モード光導波路の応力複屈折値を調節するように構成したことを特徴とする導波型光回路。

2) 前記基板はシリコン基板であり、前記単一モード光導波路は、SiO₂を主成分とする石英系光

導波路であることを特徴とする請求項1に記載の導波型光回路。

3) 基板上に単一モード光導波路を配置してなる導波型光回路の製造方法において、前記基板上にクラッド層に埋設され、光伝搬作用をもつコア部を含む単一モード光導波路を形成する工程と、

前記基板の所望部分をレーザ照射により変成し、前記基板が前記コア部に及ぼす応力を非可逆的に変化させて、前記単一モード光導波路の応力複屈折値を調節する工程とを具備したことを特徴とする導波型光回路の製造方法。

(以下余白)

特開平 4-113302(2)

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、基板上に光導波路を配設した導波型光回路およびその製造方法に関するものであり、さらに詳細には、光導波路の複屈折性を調節することにより所望の偏波依存性あるいは偏波無依存性をもつ導波型光回路およびその製造方法に関するものである。

[従来の技術]

光通信や光信号処理分野では、各種の光回路部品が必要とされている。光回路部品は、その形態により、1)バルク型、2)ファイバ型、3)導波型に大別することができる。

バルク型は、マイクロレンズやプリズム、干渉膜フィルタ等を組み合わせて構成するものであるが、組み立て調整に長時間を要することや価格やサイズの点に問題を残している。

ファイバ型は、光ファイバ自身を構成材料として研削や融着・延伸工程を経て構成されるもので

あり、比較的小形に構成できる利点はあるものの、生産性や規模拡張性に欠ける等の問題がある。

これらに対して、導波型は、フォトリソグラフィ工程により、平面基板上に一括大量生産できる利点があり、再現性や小型集積可能性等の点で将来型の光回路部品として注目されている。

導波型光回路は、平面基板上に形成された光導波路を基本として構成される。一般に、平面基板上の光導波路は、基板面に垂直な偏光(TMモード)の屈折率 n_{TM} と基板面に水平な偏光(TEモード)の屈折率 n_{TE} が僅かに異なる複屈折性を呈しており、導波型光回路の多くにおいては、所望の偏波特性を実現するために、この複屈折性を高精度に調節することが要求される。

例えば、シリコン基板上に作製可能な石英系光導波路は、そのコア部断面寸法を通常使用されている単一モード光ファイバに合わせて $5\sim 10\mu m$ 程度に設定することができるため、光ファイバとの整合性に優れた実用的な集積光回路の実現手段

3

として期待されているが、シリコン基板と石英系ガラスとの熱膨張係数差を反映して、 4×10^{-4} 程度の複屈折 $B=(n_{TM}-n_{TE})$ を示す。偏波依存性の無い導波型光回路、あるいは場合によっては、所望の偏波依存性のある導波型光回路を実現するために、従来から上記の石英系光導波路の複屈折を調整し得る導波型光回路構成が特願昭63-116938号において提案されている。

第4図(a)および(b)は、かかる従来の導波型光回路の一例としての石英系導波型光リング共振器の、それぞれ平面図およびこの平面図のAA'線に沿った拡大断面図である。ここで、1はシリコン基板、2はシリコン基板上に石英系ガラスクラッド層1bに埋設されるよう形成されたリング状光導波路部(コア部)、3および4は、それぞれ入力光導波路(コア部)および出力光導波路(コア部)である。リング状光導波路2と入出力光導波路3、4とはそれぞれ結合率 $5\sim 20\%$ 程度の方向性結合器5aおよび5bにより光結合されている。リング状光導波路2に沿ったクラッド層1b上に

4

は、熱光学効果移相器としての薄膜ヒータ6が設置されている。リング状光導波路2に沿っては、さらに応力付与膜7が装荷され、その一部分が、本リング共振器の光共振特性がTM偏光とTE偏光で一致するようにトリミングされている。

第4図(a)において、入力ポート3aから入力光導波路3に入射した信号光の一部は、方向性結合器5aを経由してリング状光導波路2に導かれる。リング一周の光路長が、信号光波長の整数倍に一致すると共振現象が起こり、方向性結合器5bを経由して、出力光導波路4の出力ポート4aから共振波長信号光が取り出される。ここで、共振条件は、薄膜ヒータ移相器6に通電して、石英系ガラスの屈折率の温度依存性を利用してリングの実効的光周長を微調することにより制御可能である。シリコン基板1上の石英系光導波路からなるリング状光導波路2は、上述した複屈折性により光周長がTM偏光とTE偏光とで僅かに異なり、一般にTM偏光の共振条件とTE偏光の共振条件が一致しないので、リング共振器は一般には偏波依存性を示す

特開平 4-113302(3)

が、第4図の従来例では、応力付与膜7の膜厚とそのトリミングによりかかる偏波依存性を解消しているのである。すなわち、第4図(b)のごとくリング状光導波路2の上部のクラッド層1b上に形成された応力付与膜6は、その下部に位置するリング状光導波路コア部2に応力を及ぼし、基板1からこのコア部2に及ぼされている応力の一部を補償し、この光導波路2が被っている応力誘起複屈折値を調節する作用をもっている。必要に応じて応力付与膜7の一部をレーザビーム照射によりトリミングして複屈折値を微調節することができる。この応力付与膜7による複屈折調節方法については、文献(河内正夫:「石英系光導波路と集積光部品への応用」、光学 第18巻 第12号(1989)pp. 681-686)に開示されているところである。

[発明が解決しようとする課題]

上記の応力付与膜を備えた導波型リング共振器の構成においては、なるほど偏波依存性を解消し

た共振器を提供できるが、実際上は、次のような問題点があった。すなわち、従来の複屈折制御可能な導波型光回路とその製造方法では、応力付与膜の形成に、エッチング加工や膜増層等の煩雑な付加プロセスを必要とし、集積光回路の製造工程が複雑になる問題点を抱えていた。

そこで、本発明の目的は、従来技術の上記の欠点を解消して光導波路のより簡便な複屈折制御が可能な導波型光回路およびその製造方法を提供し、導波型光回路に所望の偏波依存性を付与したり、逆に偏波依存性の無い導波型光回路を提供できるようにすることにある。

[課題を解決するための手段]

このような目的を達成するために、本発明導波型光回路は、基板上に単一モード光導波路を配置してなる導波型光回路において、前記単一モード光導波路は、前記基板上のクラッド層と、該クラッド層に埋設されて光伝搬作用をもつコア部とを有し、前記基板の表面のうち、前記コア部の近

7

傍の基板表面にレーザ光照射により変成された領域を設け、この変成領域の形状および分布により前記基板から前記コア部に作用する応力を非可逆的に変化させて前記単一モード光導波路の応力複屈折値を調節するように構成したことを特徴とする。

ここで、前記基板はシリコン基板であり、前記単一モード光導波路は、SiO₂を主成分とする石英系光導波路であることを可とする。

本発明製造方法は、基板上に単一モード光導波路を配置してなる導波型光回路の製造方法において、前記基板上にクラッド層に埋設され、光伝搬作用をもつコア部を含む単一モード光導波路を形成する工程と、前記基板の所望部分をレーザ照射により変成し、前記基板が前記コア部に及ぼす応力を非可逆的に変化させて、前記単一モード光導波路の応力複屈折値を調節する工程とを具備したことを特徴とする。

8

[作 用]

本発明では、複屈折制御のために、光導波路コア部近傍の基板をレーザビーム照射により変成し、これにより基板から光導波路コア部に及ぼす応力を非可逆的に変化させることによって、従来の技術とは異なり、特別な応力解放溝や応力付与膜を設けることなく、レーザトリミングによって基板を変成させるのみで、光導波路の複屈折値を調節でき、従って、特別な応力付与膜等を必要としないので、簡便な偏波特性制御が可能である。

[実施例]

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図(a)および(b)は本発明の導波型光回路の一実施例としての導波型リング共振器の構成を示す、それぞれ、平面図およびこの平面図のAA'線に沿った拡大断面図である。

第1図(a)および(b)において、シリコン基板1上のクラッド層1bは厚さ50μm程度のSiO₂系ガ

特開平 4-113302(4)

ラス、リング状光導波路2および入出力光導波路3、4のコア部は、クラッド層1bに埋設されてなる断面寸法 $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 系ガラスである。直径13mm程度のリング状光導波路2の上には、第4図(a)および(b)に示した従来例と同様に、薄膜ヒータ移相器6が設置されているが、本発明では、従来例と異なり、応力付与膜は被荷されていない点が特徴的である。応力付与膜の代わりに、本実施例では、リング状光導波路2の下部においてシリコン基板1の表面近傍に基板変成領域11を設け、この変成領域11の形状や分布を適切に定めることによりリング状光導波路2の複屈折値を調節し、所望の偏波無依存リング共振特性を達成している。

ここで、変成領域11は、クラッド層1bを透過して基板1の上方からエネルギー密度の高いレーザービームを照射することにより基板1の表面の所望部分に変成を引き起こさせて形成した領域である。この変成領域11では、シリコン基板の結晶性がレーザービーム照射により破壊され、未変成の基

板領域と異なる材料状態となり、周囲に応力分布変化を引き起こすことを本発明者らは見出した。応力分布変化の結果として、変成領域上部の光導波路コア部が被る応力誘起複屈折値が変化し、所望の複屈折調整を従来例の応力付与膜を用いることなく達成できるのである。

次に本発明の導波型光回路の製造工程の一実施例について、上記のリング共振器の場合を例にとって詳細に説明する。

まず、リング共振器の本体となる石英系光導波路は、火炎加水分解反応によるガラス膜の堆積と反応性イオンエッチングによる微細加工との組合せにより形成した。すなわち、まず、シリコン基板1上に SiO_2 系ガラスからなる下部クラッド層と $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 系ガラスからなるコア層を順次に堆積した。この堆積には、四塩化シリコン等のガラス形成原料ガスの火炎加水分解反応を利用した火炎堆積法を用いた。次にコア層のうち不要部分を反応性イオンエッチングを用いたフォトリソグラフィ工程により除去し、所望の光導波路コア

j j

1 2

部パターンを残した。続いて、コア部パターンを埋め込むように上部クラッド層を再び火炎加水分解反応堆積法により形成した。下部クラッド層と上部クラッド層との合計厚さは $50\mu\text{m}$ 程度であり、コア部の断面寸法は $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ であり、コア・クラッド間の比屈折率差 Δ は0.75%とした。

このようにして形成された直径13mmのリング状光導波路2の上部に幅 $60\mu\text{m}$ 、長さ $10\mu\text{m}$ の薄膜ヒータ6をNiおよびCrを蒸着層とする真空蒸着法により形成して移相器とした。

第2図は、リング状光導波路2の下部のシリコン基板1の所望部分に変成を生じさせて変成領域11を形成するために本発明で用いたレーザートリミング装置の説明図である。ここで、21は、シリコン基板1上の導波型光リング共振器試料であり、22はXY移動台、23はYAGレーザー光源、24はレーザービームである。

YAGレーザー光源23からのレーザービーム24は、リング状光導波路2に沿って照射される。シリコン

基板1のうちレーザービーム24により照射された部分はレーザー加熱作用により断片的に高温となり、変成が進行する。そこで、XY移動台22を駆動しつつレーザービーム24の照射を続けることにより変成領域11を形成した。ここで、用いたYAGレーザーは、顕微鏡搭載型QスイッチYAGレーザー光源L-11A(HOYA株式会社製)であり、倍率50倍の長焦点レンズを経由してシリコン基板1面に照射した。変成領域11の幅が $30\mu\text{m}$ 程度になるように、レーザー光源23に備え付けのアイリスを調整した。

レーザービーム照射と同時に、入力ファイバ3bを経由して、試料21に波長 $1.55\mu\text{m}$ のチューナブルDFB半導体レーザー光を診断光として導入し、出力ファイバ4bを経て取り出される信号光の共振波長特性をモニタした。

レーザービーム24の照射前の段階では、リング状光導波路2の複屈折性を反映して、共振波長特性においては、TE偏光とTM偏光の共振ピークは一致していない。レーザービーム24の照射によってシリ

特開平 4-113302(5)

コン基板 1 の変成が進むと、やがて TE 偏光と TM 偏光の共振ピークが近づき始める。共振ピークが波長軸上で完全に重なったところでレーザビーム 24 の照射を中止することにより、リング共振器の偏波依存性を完全に除去できた。最終的な変成領域 11 の長さは、試料の初期状態に依存するが、概ね数 μm 程度であった。

YAG レーザ光源 23 の発振波長は $1.06\mu\text{m}$ であるので、石英系ガラスからなる光導波路 2 の領域で吸収されることはなく、シリコン基板 1 のみに効率的に吸収される。本実施例で用いた YAG レーザ光源 23 の本体の光出力は 8mJ /パルス、パルス幅は 8ns 、ピークパワーは 1.1MW であるが、レーザ光強度が強すぎるとシリコン基板 1 の変成が急激に進み過ぎて、光導波路コア部 2 にまで損傷を与える恐れがあるので、レーザビーム 24 の照射に当たっては、アイリスやアテニューエータの調節によりレーザ光強度を必要最小限にとどめておくことが肝要である。

第 3 図 (a) および (b) は、本発明におけるレー

ザビーム照射部の変成領域の様子を示す断面図である。第 3 図 (a) は、コア部 2 の直下部分にレーザビーム 24 を照射した場合であり、ビーム直径 $10\mu\text{m}$ のレーザビーム 24 を 3 回スキャンして幅 $30\mu\text{m}$ の変成領域 11 を形成している。このようにコア部 2 の直下に変成領域を設けた場合には、TE 偏光の共振ピークが波長軸上を移動する傾向が見られた。

第 3 図 (b) はコア部 2 の近傍の両側にレーザビーム 24 を照射した場合である。ビーム直径 $10\mu\text{m}$ のレーザビーム 24 をそれぞれ 1 回ずつスキャンして変成領域 11a と 11b を形成した。第 3 図 (b) の場合には逆に TM 偏光が波長軸上を移動する傾向が見られた。

このように変成を施すことにより、光導波路 2 の屈折率は、第 3 図 (a) の場合には 1×10^{-4} 程度変化し、第 3 図 (b) の場合には 0.5×10^{-4} 程度変化することが認められた。いずれにしても、共振波長特性をモニタしつつレーザトリミングすることにより所望の偏波無依存共振特性を達成でき

15

た。

以上の実施例では、本発明の対象とする光回路の一例としてリング共振器の場合を取り上げたが、本発明はこれに限定されるものではなく、マッハツェンダ光干渉計型の光周波数多重フィルタの偏波無依存化や、あるいは逆に導波型偏波ビームスプリッタを構成する場合にも適用できる。

また、対象とする導波路系もシリコン基板上の石英系光導波路に必ずしも限定されるものではなく、多成分系ガラス光導波路等にも適用できる。要は、基板から応力屈折を受けている光導波路であり、基板がレーザビームを吸収し変成を受ける組みあわせであれば、本発明の対象範囲内である。

[発明の効果]

以上説明したように、本発明では、光導波路コア部近の基板をレーザビーム照射により変成して応力状態を変化させ、光導波路の応力誘起屈

16

折率値を変化させ、これによって導波型光回路の偏波特性を正確に制御することができる。本発明では、レーザトリミングによって基板そのものの応力状態を変化させており、特別な応力付与装置を必要としないので、簡便な偏波特性制御が可能である。

本発明は、偏波特性が重要な役割を果たす光通信や光センサ用、光信号処理用などの導波型光回路を精度良く構成するのに極めて有効である。本発明によれば、屈折率値を正確に設定できるので、光波をマイクロ波のように扱うコヒーレント光通信兼積光デバイスの提供等に特に大きな役割を果たすと期待される。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図 (a) および (b) は、本発明の導波型光回路の一実施例である導波型リング共振器を示す、それぞれ、平面図およびこの平面図の線分 AA' に沿った拡大断面図。

第 2 図は、本発明の導波型光回路の製造方法を

17

18

特開平 4-113302(6)

用いたレーザトリミング装置の概略構成を示す斜視図、

第3図(a)および(b)は、本発明におけるレーザビーム照射の2例の様子を示す断面拡大図、

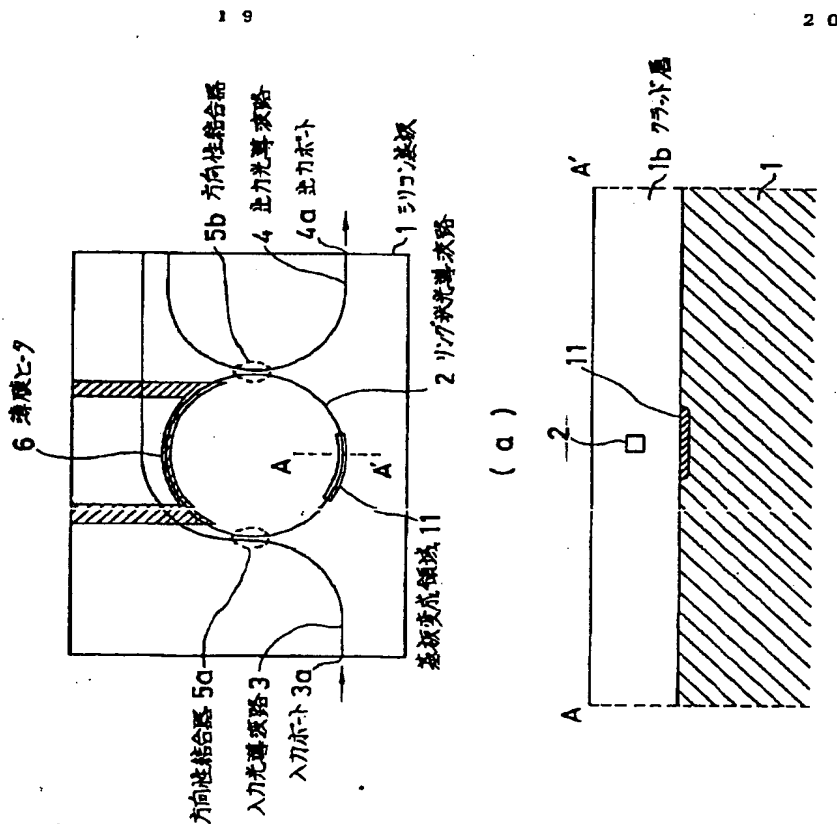
第4図(a)および(b)は、従来の導波型光回路例としての応力付与膜付きリング共振器を示す、それぞれ、平面図およびこの平面図の線分AA'に沿った拡大断面図である。

- 1…シリコン基板、
- 1b…クラッド層、
- 2…リング状光導波路、
- 3…入力光導波路、
- 4…出力光導波路、
- 3a…入力ポート、
- 4a…出力ポート、
- 3b…入力光ファイバ、
- 4b…出力光ファイバ、
- 5a, 5b…方向性結合器、
- 6…薄膜ヒータ移相器、

- 7…応力付与膜、
- 11, 11a, 11b…変成領域、
- 21…導波型光回路試料、
- 22…XY移動台、
- 23…YAGレーザ光源、
- 24…レーザビーム、

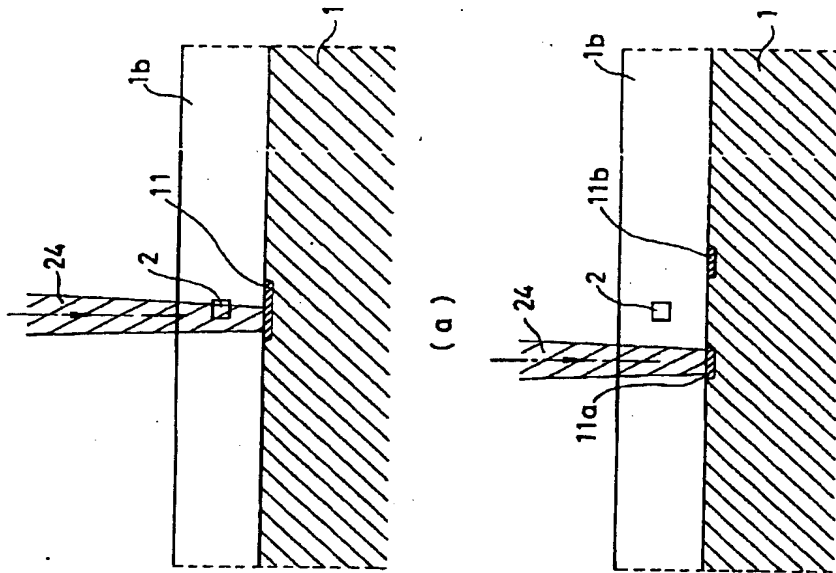
特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 弁理士 谷 毅 一

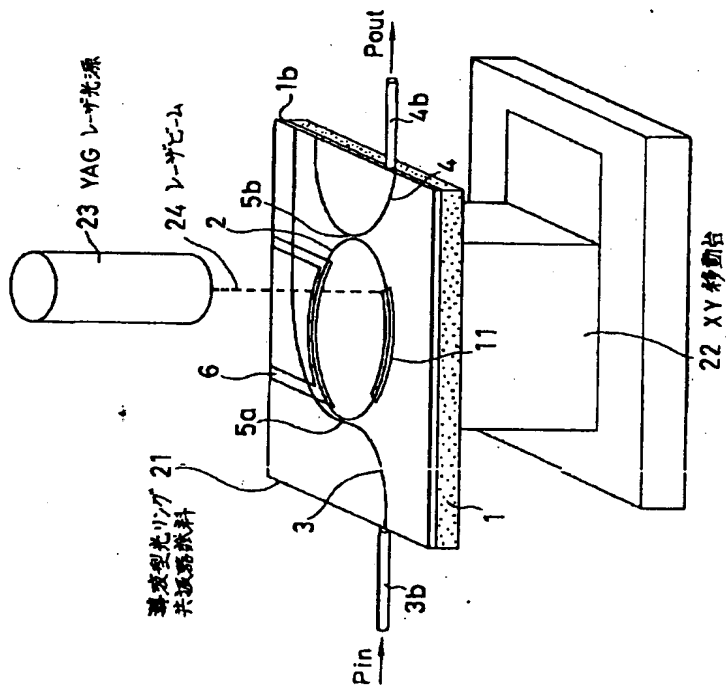


本発明実施例の平面図およびAA'線拡大断面図
第1図

特開平 4-113302(7)

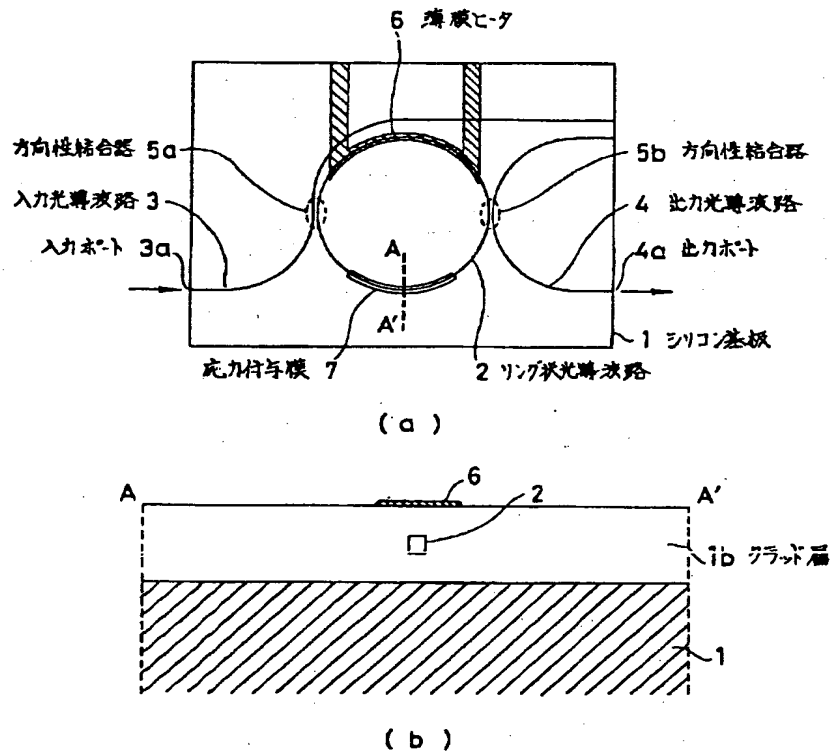


本発明におけるレーザー光照射例を示す拡大断面図
第 3 図



本発明製造方法で用いた装置の斜視図
第 2 図

特開平 4-113302(8)



従来例の平面図およびAA'線拡大断面図
第4図